

# Pour une meilleure connaissance et un contrôle plus efficace de la carie du blé en Suisse romande

par Gérard DEFAGO

(Etablissement fédéral d'essais et de contrôle de semences,  
Lausanne, Mont-Calme, Directeur G. Bolens)

## P L A N

### Introduction.

#### I. Sensibilité de nos variétés de blé à *TILLETIA TRITICI* (Bjerkander) Winter.

##### A. Comportement des blés de printemps.

1. Variétés.
2. Origine des populations de carie utilisées.
3. Méthodes d'infection et de mise en culture.
4. Résultats des infections artificielles.
5. Observations en cours de végétation.

##### B. Comportement des blés d'automne.

1. Variétés.
2. Résultats des infections artificielles.
3. Observations en cours de végétation.

#### II. Races de carie en Suisse romande et observations sur la biologie des *TILLETIA*.

##### A. Caractères distinctifs des populations.

1. Degré de virulence.

2. Modifications de la plante-hôte causées par les populations de carie.

3. Caractères morphologiques des spores.

4. Couleur des différentes populations.

5. Nature des populations indigènes de *TILLETIA TRITICI*.

##### B. Quelques observations sur la biologie des *TILLETIA* en culture sur milieu artificiel.

1. Isolement et culture de souches haploïdes.

2. Influence de la température sur le développement des cultures de *TILLETIA*.

#### III. Efficacité des traitements actuels contre la carie.

##### A. Traitements par immersion.

##### B. Traitements par poudrage.

##### C. Influence des traitements sur la germination.

##### D. Comment désinfecter les semences.

### Résumé.

### Bibliographie.

## Introduction

La désinfection externe des semences au sulfate de cuivre introduite vers 1760 en Suisse y est pratiquée depuis plus d'un siècle (cf. Volkart, A., 1906, landw. Jahrb). De même, l'usage de la formaline remonte déjà à une quarantaine d'années. Pourtant ces deux produits restent encore les seuls recommandés. A vrai dire, ils sont l'un et l'autre relativement efficaces ainsi que bon marché. On comprend donc aisément que l'on se soit borné à les perfectionner et à leur comparer les nouvelles spécialités de l'industrie (cf. Neuweiler, E., 1928, landw. Jahrb.).

La pathologie moderne s'efforce d'appliquer une autre méthode de lutte plus rationnelle et plus directement pratique : c'est la création de plantes résistantes ou même immunes, c'est-à-dire de plantes ayant en elles des facteurs héréditaires qui empêchent au parasite de se développer et rendent ainsi les traitements inutiles.

Une telle création suppose une œuvre génétique de longue haleine. On peut, soit analyser la résistance des lignées que renferment nos vieilles variétés locales de blé et mettre en culture, après amélioration, la plus résistante, soit condenser par hybridation dans une même souche, les facteurs de résistance trouvés chez les parents.

En premier lieu, on doit aussi être renseigné le plus exactement possible, non seulement sur la biologie, la sexualité, la vie entière du champignon parasite, mais encore sur l'existence éventuelle au pays et à l'étranger de ses races pathogènes. On sait, en effet, que presque chaque parasite comprend plusieurs groupes d'individus ou races capables d'attaquer la même plante-hôte à des degrés très divers. Ces races, issues par sélection des agents externes, par hybridation naturelle, par mutation, etc., sont souvent localisées dans une région. Mais, avec les facilités actuelles de transport, elles se répandent peu à peu et, apparaissant dans de nouvelles contrées, elles infectent parfois très sévèrement des cultures jusqu'alors indemnes.

Nous considérons donc comme une lacune dans la défense de notre production végétale que nous ne soyons pas encore renseignés par des études systématiques ni sur la sensibilité de nos blés envers la carie, ni sur les races indigènes de cette dernière.

Sans doute, il est moins urgent de créer des blés résistants à la carie que des blés immunes envers la rouille jaune et doués d'un bon gluten. Toutefois, nous estimons qu'avant de lancer une nouvelle variété nous pourrions, sans trop de difficultés, choisir celle de ses lignées qui allie aux qualités désirées la résistance à la carie. Ce faisant, on épargnerait à l'agriculteur soit des frais de traitement, soit des pertes.

Il ne faut pas, en effet, rester dans une trop grande quiétude et croire que les traitements au sulfate de cuivre ou à la formaline sont de tout repos. En réalité, tous les traitements ne sont que partiellement efficaces ; outre la dépense qu'ils occasionnent, ils comportent toujours certains risques et inconvénients. De plus, il existe au moins une race de carie (Y o u n g, P. A., 1935, Phyto, 25) dont la propagation se fait strictement par le sol. Contre elle, la désinfection externe des semences devient aléatoire. Enfin, les dégâts de la carie restent souvent sous-estimés, car les épis atteints ne frappent pas autant l'observateur que, par exemple, les feuilles tuées par la rouille. Lorsque la moisson est mûre, certains agriculteurs ne remarquent même pas des infections assez fortes. Nous sommes loin, toutefois, de prétendre que les pertes de récoltes, en Suisse, soient comparables à celles constatées aux Etats-Unis. Mais, les frais de traitement, plus les déchets à la levée et à la récolte, représentent déjà une somme annuelle fort coquette. C'est surtout aux sélectionneurs que les déficiences des traitements causent des ennuis. Lors de l'inspection des champs, nous sommes, chaque année, forcés de refuser des emblavures dont la semence de départ a pourtant été soigneusement désinfectée. Il nous est même arrivé de devoir refuser une variété chez un groupe entier, bien que toute la semence ait été traitée au sulfate de cuivre à 1 %. Des fermes très bien tenues, malgré les plus grands soins, n'arrivent plus à se débarrasser de la carie. Nous connaissons même une école d'agriculture où toutes les semences sont minutieusement désinfectées au formol et où l'on trouve néanmoins chaque été des épis cariés dans la moisson. Comme en Allemagne, en Autriche, en France et ailleurs, nous constatons depuis quelques années une recrudescence de carie. Si on en recherche la cause, trois hypothèses sollicitent particulièrement l'attention : ou bien nos blés actuels sont exceptionnellement sensibles ou bien de nouvelles races de *Tilletia tritici* (Bjerkander) Winter, voire de *Tilletia levis* Kühn, sont apparues dans plusieurs

de nos régions, ou bien, enfin, les désinfectants sont, soit partiellement inefficaces, soit mal employés.

C'est à la vérification de ces trois hypothèses qu'ont été consacrées les recherches exposées ci-après, commencées en 1934. A la troisième hypothèse, se rattache l'étude de quelques poudres de fabrication récente et d'efficacité mal connue.

Absorbé par de nombreuses tâches, nous avons fait ce travail presque uniquement durant nos heures de liberté et nous n'aurions pu l'entreprendre sans l'aide de nos parents ; grâce à leur dévouement, environ 300,000 épis ont été étudiés. Les résultats obtenus, bien qu'ils demandent à être encore complétés, permettent de tirer quelques utiles conclusions. Nous devons remercier spécialement M. le Professeur Dr E. G ä u m a n n qui non seulement nous a toujours encouragé, mais nous a envoyé toutes les publications récentes et permis d'utiliser largement les installations de son Institut.

## 1. Sensibilité de nos variétés de blé à *TILLETIA TRITICI* (Bjerkander) Winter

Partant de l'idée que peut-être des races plus virulentes de carie existent dans nos régions spécialement envahies et qu'un apport de *Tilletia levis* Kühn par les importations de blés américains, roumains, hongrois, n'est pas exclu, nous avons d'abord examiné les divers épis cariés envoyés à la Station ou récoltés lors des visites de cultures. Jusqu'à ce jour, malgré de fortes différences dans l'échinulation des chlamydospores, nous n'avons pas trouvé *Tilletia levis* en plein champ. *Tous nos essais d'infection furent donc faits avec Tilletia tritici.*

### A. Comportement des blés de printemps

#### 1. Variétés

Comme blé de printemps, nous semons de nos jours en Suisse romande exclusivement du Huron. Ce froment canadien, d'excellente valeur culturale et minotière, vient de la Central Experimental Farm de Ottawa. Il résulte d'une hybridation faite en



1888 par le directeur S a u n d e r s entre le Ladoga (variété locale russe) et le White Fife (sélection canadienne de qualité).

G. M a r t i n e t, le premier chef de l'Etablissement de Mont-Calme, importa le Huron en 1912 (cf. An. agr. de la Suisse, 1931). Après sélection de différentes lignées, la multiplication et l'épuration de la souche C furent confiées à M. E. W i d m e r, Belle Ferme, Payerne. Dès lors (1924), le Huron a fait disparaître nos anciens blés printaniers (Taillens velu, Vaulion, Gruyère, etc.). Il se répand de plus en plus en Suisse orientale y supplantant le Wagenbourg (sélection du Prof. A. V o l k a r t dans le Manitoba).

Déterminer, éventuellement améliorer la résistance d'une variété aussi répandue, est une tâche des plus utiles.

Quelques variétés étrangères ont servi de comparaison. Nous regrettons beaucoup de n'avoir pas disposé de l'assortiment standard des variétés résistantes américaines et allemandes.

## 2. Origine des populations de carie utilisées

Les races d'un champignon parasite étant ordinairement caractérisées par une virulence très différente selon les variétés de la plante-hôte, avant de vouloir déterminer la résistance de ces dernières, il faudrait en premier lieu procéder au recensement de toutes les races existantes. Ne le fait-on pas, on s'expose à multiplier une sélection jugée résistante et qui, dès sa mise en culture, se montrera peut-être très sensible à des races non prises en considération.

Parmi les populations de *Tilletia tritici* examinées, nous en avons conservé d'abord huit à l'étude, puis dès 1936, une neuvième, Sévery, soi-disant résistante au traitement cuprique. Elles reçurent les noms des lieux où elles furent récoltées : *Bonvillars*, *Baulmes*, *Mont-la-Ville*, *Sévery* et *Gimel* sont des villages vaudois échelonnés au pied du Jura depuis le lac de Neuchâtel au Léman. De *Granges*, en Valais, nous reçûmes un blé carié au 80 % environ. L'agriculteur affirmait avoir immergé 12 heures ses semences dans une solution de sulfate de cuivre. Les populations *Versailles* et *Cosel* nous ont été aimablement fournies par Mlle M. G a u d i n e a u, la première comme de faible virulence, la seconde comme très pathogène. La population *Lausanne*, en-

fin, provient du champ d'essais de la Station où elle réapparaît toujours malgré les poudrages copieux au carbonate de cuivre.

Ces populations furent multipliées chaque année sur la même variété sensible (Huron) de manière à éviter un choix de la plante-hôte parmi les lignées plus virulentes de la même origine de carie.

Lors de la préparation des grosses quantités de spores nécessaires pour inoculations, nous prîmes garde d'empêcher tout mélange. Les tamis (0,25 mm.) et autres instruments furent désinfectés à l'alcool et flambés pour chaque origine de carie.

### *3. Méthodes d'infection et de mise en culture*

Afin de partir avec un matériel irréprochable, les semences furent d'abord désinfectées à l'eau chaude (4 heures à 18-20°, puis 10 minutes à 53-54°). Ce traitement est efficace contre la carie à condition d'empêcher toute nouvelle infection. Dans les parcelles témoins, en effet, aucune plante cariée ne fut visible. Par contre, on remarquait encore 3-4 épis atteints de charbon sur environ 100,000.

Les grains, une fois secs, furent infectés avec une quantité de spores correspondant à 0,8 % de leur poids. Ce pour-cent, inférieur par exemple à celui du blé de Granges, équivaut à une infection naturelle très forte : le blé paraît complètement moucheté.

Cinquante grammes de grains furent semés par parcelles de 2 m<sup>2</sup>. D'autres essais, où les parcelles furent de 50 m<sup>2</sup>, ne sont pas mentionnés ici. Nous répartîmes les grains dans de petits sillons parallèles directement avec le cornet, sans les toucher avec les doigts. Au début, sur la base des travaux de Bonne, C. (1931, *Angew. Bot.*, 13), nous avons répété chaque essai 3 fois. Plus tard, de telles différences se firent jour entre parcelles sœurs que nous recourûmes à 10 répétitions pour la même recherche.

Tous les semis furent faits sur le domaine de nos parents à Monthey (Valais). Le sol est un limon argileux, résultant d'apports glaciaires et fluviaux. La réaction faiblement basique varie entre un pH de 7.4 et 7.6. Les précédents furent des pommes de terre (1935), des betteraves (1936) et du blé (1937). Les précipitations atteignirent 900 à 1200 mm. ; des périodes de sécheresse

sévirent plusieurs fois au printemps et juste avant maturité. L'été 1936, par contre, se montra particulièrement pluvieux. Enfin, nous avons inspecté régulièrement ces essais au moins tous les 8 jours. A la récolte, chaque parcelle fut fauchée séparément, tous les épis furent coupés aux ciseaux et analysés un à un en saison morte.

#### 4. Résultats des infections artificielles

Après divers essais d'orientation, nous exécutâmes les recherches sur les blés de printemps durant l'été 1936. Voici les résultats obtenus :

Tab. 1. Résistance de quelques blés de printemps  
à 8 populations de *TILLETIA TRITICI*  
(en % d'épis cariés)

	Bonvillars	Mont-la-Ville	Gimel	Granges	Lausanne	Baulmes	Versailles	Cosel
Aurore	69,3	38,8	48,4	17,4	12,0	19,6	—	—
Huron	30,5	36,9	28,4	24,5	15,8	6,3	31,4	34,0
Garnet	—	29,5	4,6	15,6	12,5	6,4	1,9	—
Manitoba	7,8	24,6	8,7	16,5	8,6	3,8	—	—
Chiddam	—	1,2	14,7	27,9	4,6	6,5	—	—
Rubin	—	11,8	12,4	4,6	7,6	8,7	—	—
Janetzki	2,3	11,2	20,2	8,7	0,4	5,2	—	—
Flor. x Aurore	18,5	4,0	3,7	3,6	10,7	0,8	—	—
Wagenbourg	2,1	7,3	5,6	4,3	1,0	7,7	—	—
Bankuti	—	5,7	2,2	2,1	5,9	0,7	—	—
Extrakolben	—	3,2	1,1	3,7	4,0	1,9	—	—
Taillens velu	0	2,3	1,8	0	2,5	3,0	—	—
Marquis	1,8	0,6	1,2	2,0	0,7	1,8	3,7	15,8
Prélude	0	2,4	1,4	0	1,7	2,2	—	—
Seiglette	0	0	0	0	0	0	—	—

Dans le tableau 1, les variétés ont été classées par ordre décroissant de sensibilité. En tête, se trouve Aurore très attaqué par la population Bonvillars. Le Huron vient ensuite et s'avère la plus uniformément sensible des variétés étudiées. Ce résultat concorde avec ceux de Crépin, Bustaret et Chevallier (1937). L'année dernière, les taux d'infection furent encore plus élevés. Les épis cariés produits par la population Sévery atteignirent 54 %, Mont-la-Ville et Granges en détruisirent 41,5 % tandis que la provenance Baulmes (4,5 %) semble perdre peu à peu sa vi-

ruence. Les autres taux d'infection étaient à peu près égaux à ceux de 1936. Ceci nous montre combien le même champignon, *Tilletia tritici*, peut varier de virulence suivant l'origine des spores utilisées. En outre, nous voyons qu'il est nécessaire de désinfecter les semences de Huron, contrairement à ce que pensent certains agriculteurs, puisque la carie peut en détruire plus de la moitié. Nous voyons aussi qu'il serait utile et possible d'en améliorer la résistance par croisement avec un des blés suivants ou d'autres immunes.

A cet effet, ni le Garnet, ni le Manitoba ne sont à choisir comme parents, car ils se montrent tous deux curieusement sensibles à l'origine Mont-la-Ville. Le Manitoba cultivé parfois en Suisse n'est pas d'ailleurs une variété fixée. Chiddam, qui selon Arnaud et Gaudineau (1932) manifeste une certaine résistance, est atteint jusqu'à 30 % par la carie Granges. Les autres variétés, Rubin, Janetzki, Florence x Aurore, Wagenbourg, Extrakolben, Bankuti et Marquis sont à considérer comme assez résistants. Toutefois, le taux d'infection du Janetzki avec la provenance Gimel, dépasse 20 %. Même le Marquis est carié jusqu'à 16 % par la population Cosel. L'hybride Florence x Aurore est intéressant : il semble avoir hérité la résistance du Florence comme qualité dominante et pourtant la sensibilité d'Aurore envers la provenance Bonvillars s'y reflète encore. Bankuti possède une résistance et des caractères morphologiques analogues à ceux de Marquis. Il apparaît donc fort probable que ce blé hongrois soit en réalité du Marquis comme l'indiquent Crépin et alii (loc. cit.).

Le Prélude est sensible selon Flor (1932, Journ. agr. Res. 44). Nous fiant aux essais de cet auteur, nous avons inoculé des jeunes plantules de blé avec plusieurs isollements, haploïdes de *Tilletia tritici* provenant de Granges et de Bonvillars. Ce long et délicat travail connut un échec complet. Les essais de plein champ expliquent partiellement cet insuccès puisque le Prélude ne fut pas attaqué par deux provenances (Granges et Bonvillars) et très faiblement par les autres. Le Taillens velu semble doué d'une résistance égale, mais doit encore être étudié, car la germination de nos semences fut très défectueuse. Aucune provenance de carie, enfin, ne fut capable d'attaquer le seigle de printemps comme le firent certaines caries argentines (Nives, 1935).

### 5. Observations en cours de végétation

Si, par croisement, on veut améliorer la résistance d'un blé à la carie, il faut connaître aussi les autres qualités et défauts des plantes à choisir comme parents. Les qualités culturales et boulangères sont à considérer en premier lieu et à étudier pour soi. La résistance aux rouilles ne doit pas non plus être négligée. Nous avons surtout à craindre la rouille jaune dont l'attaque débute très tôt, à fin d'avril parfois, et peut tuer complètement une variété. C'est ainsi que le Prélude, dans nos essais de 1936, se montra excessivement sensible à la rouille jaune et en périt dès le 20 juin. La rouille brune apparut vers la fin du même mois, trop tard comme d'habitude pour faire grand mal. Quelques taches de rouille noire furent visibles juste avant maturité.

Voici comment se classaient les variétés par ordre décroissant de sensibilité :

*Les plus sensibles à Puccinia glumarum* furent : Prélude, Garnet, Florence x Aurore, Manitoba, Bankuti.

*Assez résistants à Puccinia glumarum* : Extrakolben, Rubin, Wagenbourg, Chiddam, Janetzki, Marquis, Huron, Taillens velu, Aurore.

Fait surprenant, les variétés résistantes à la carie (Prélude) sont parmi les plus sensibles à la rouille jaune et vice-versa. Quelques-unes font exception (Wagenbourg, Janetzki) et présenteraient le plus d'intérêt pour hybridation avec le Huron.

L'été si pluvieux de 1936 fut aussi très favorable au développement de *Erysiphe graminis*. Cette maladie qui, à l'ordinaire, passe inaperçue dans le Bas-Valais, endommagea assez fortement nos essais. Par ordre décroissant de sensibilité, nous avons noté l'ordre suivant des variétés :

*Très sensibles à Erysiphe graminis* : Aurore et Florence x Aurore.

*Moyennement sensibles* : Rubin, Huron, Marquis, Bankuti, Janetzki, Wagenbourg, Prélude, Manitoba, Garnet, Taillens velu, Seiglette, Extrakolken.

Ce classement se rapproche de celui donné pour la carie. L'ordre des variétés y est toutefois arbitraire et sujet à change-

ment, car, entre parcelles il y avait de grosses différences résultant vraisemblablement d'une infection plus forte ou plus précoce.

De telles observations demanderaient à être poursuivies systématiquement à des conditions constantes de température et d'humidité.

## B. Comportement des blés d'automne

Les essais principaux furent semés le 2 novembre 1936. Nous avons suivi les méthodes exposées et utilisé les mêmes origines de carie que précédemment ; elles avaient été toutes multipliées sur Huron.

### 1. Variétés

Nous nous sommes proposé en premier lieu de déterminer la résistance des variétés composant l'assortiment officiel :

**Tabl. 2. Origine des variétés et valeur génétique des semences utilisées**

Variété	Origine	Année d'obtent.	Valeur génétique
Alpha	Plantahof x Sol	1911	1ère gén., Vaumarcus
Bisnacht 9	Sélection d'un hybride naturel entre une variété locale bâloise et le Webb's Standard	1911	1ère gén., Bâle
Plantahof 3	Issu d'une ancienne variété grisonne	1908	1ère géniture Zurich
Strickhof	Issu d'une ancienne variété zurichoise	1904	Origine, Ecole de Strickhof
Rothenbrunnen 10	Lignée tirée du Plantahof	1910	1ère géniture
MC XXII	Issu d'un blé d'Erlach envoyé à MC par la Rütli	1911	Origine, les Vidies ép. 34-35
MC 245	XXII x Hâtif inversable	1919	Origine, Chappuis, F., ép. 34-35, Cuarnens
MC 268	(Carré vaudois x MC XXII) x petit rouge de Vuitebœuf	1921	Origine, Dériaz Ls, ép. 32-33, Baulmes
Nostrano	Issu d'un blé local tessinois	1915	Origine, Ecole de Mezzana
Plaine	Issu du Carré voudois	1913	Origine, ép. 34-35, Ecole de Marcelin
Tronchet	Issu d'un blé rouge multique bernois (Rütli)	1922	Origine, souche 5, Léderrey S., Le Tronchet

La plupart de ces blés ont été sélectionnés par l'une ou l'autre des deux stations fédérales et sont à considérer comme lignées plus ou moins pures. Toutefois, par suite de nombreuses épurations, leur valeur génétique a peut-être évolué de même que leur résistance. C'est pourquoi nous indiquons d'abord l'origine et la valeur génétique des semences utilisées. Nous avons tâché d'obtenir la meilleure géniture disponible.

## 2. Résultats des infections artificielles

Chaque essai étant répété 10 fois, pour ramener ce travail à des limites possibles, nous avons étudié la résistance des 11 variétés d'abord envers la carie de Granges, puis envers un mélange de 6 populations (Granges, Bonvillars, Mont-la-Ville, Lauzanne, Gimel, Baulmes).

**Tab. 3. Sensibilité de nos froments d'automne  
à *TILLETIA TRITICI*  
(épis cariés en %)**

Variété	Carie de Granges		Six populations	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Strickhof	66,0 — 87,5	75,9 ± 6,37	59,1 — 69,6	65,3 ± 4,47
XXII	61,0 — 79,0	68,8 ± 4,89	26,1 — 52,5	37,4 ± 11,08
245	54,0 — 78,3	68,5 ± 6,38	28,6 — 44,0	34,0 ± 7,05
268	52,5 — 67,0	60,2 ± 4,48	25,2 — 30,5	28,1 ± 2,19
Bisnacht 9	43,0 — 69,0	59,9 ± 7,75	25,6 — 32,4	29,9 ± 3,03
Nostrano	54,0 — 64,0	59,5 ± 4,14	—	—
Röthenbrunnen 10	46,9 — 76,0	56,9 ± 9,99	23,8 — 39,0	33,3 ± 6,76
Tronchet	35,8 — 77,5	53,8 ± 12,73	28,7 — 48,9	37,2 ± 8,55
Plantahof 3	35,5 — 61,0	49,2 ± 6,79	35,7 — 47,0	41,1 ± 4,62
Alpha	28,0 — 45,0	39,7 ± 5,21	29,4 — 34,5	32,3 ± 2,18
Plaine	14,5 — 45,0	26,7 ± 8,72	23,9 — 36,0	29,8 ± 4,94
P. L. M.	—	—	19,7 — 42,2	29,2 ± 12,78
Vilmorin 23	—	—	5,3 — 27,7	17,8 ± 9,33

Les variétés ayant été rangées par ordre décroissant de sensibilité, on voit que 9 d'entre elles sont très sensibles à la carie Granges. Or, ce sont là nos froments les plus cultivés ! Certaines parcelles de Strickhof, de Mont Calme XXII et 245, étaient pour ainsi dire complètement anéanties. Seuls, l'Alpha et le Plaine té-

moignèrent d'une légère résistance, inférieure même à celle du PLM et du Vilmorin 23 considérés comme sensibles !

Améliorer la résistance de nos blés serait donc une œuvre éminemment utile pour notre agriculture.

Malgré toutes les précautions prises, les taux d'infection ont beaucoup varié de parcelle à parcelle. On le remarque par les erreurs moyennes souvent trop élevées ainsi que par les extrêmes allant du simple au double. Nous estimons donc, contrairement à Bonne C. et autres auteurs, qu'il vaut mieux répéter au moins dix fois le même essai la même année, plutôt que de se contenter d'une double ou triple répétition. Le graphique suivant (fig. 1) illustre mieux encore ces différences entre parcelles. Quelques-unes, endommagées par les souris ou par les courtilières, n'ont pas été prises en considération.

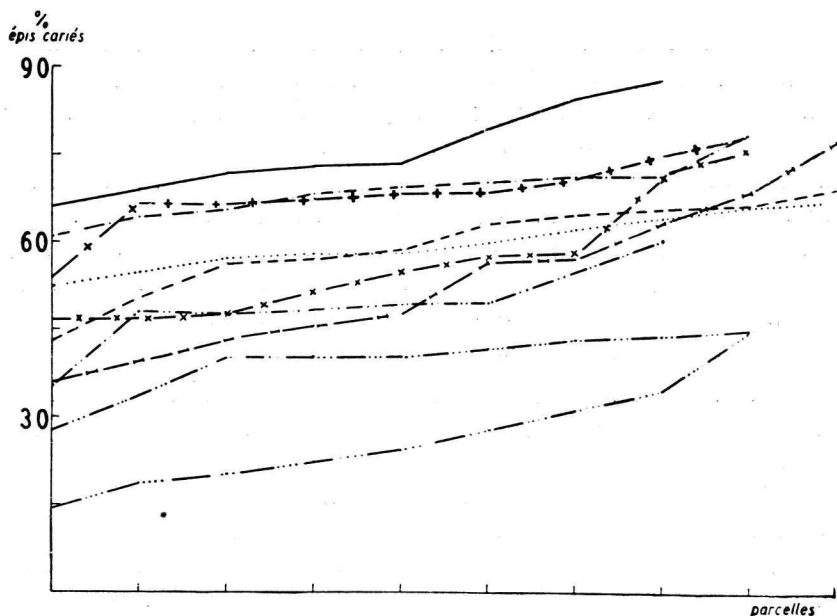


Fig. 1. Variation de sensibilité, chez les froments d'automne suivant les parcelles

— Strickhof	..... MC 268	—   —   — Tronchet
— • — MC XXII	— — — Bisnacht	— • • • • Plantahof 3
— + — MC 245	— x — Rothenbrunnen	— • • • • Alpha
		— • • • • Plaine

Ce graphique rend aussi très apparente la grande sensibili-



té de la majeure partie de nos blés. Seuls, l'Alpha et le Plaine se détachent un peu de l'ensemble.

Avec le mélange des 6 populations, les pour-cents d'épis cariés sont très inférieurs à ceux obtenus par la seule souche Granges. Pourtant, les origines Bonvillars et Mont-la-Ville se sont avérées plus pathogènes que celle de Granges. Ceci nous montre que pour déterminer la sensibilité des diverses sélections, nous devons utiliser non pas des mélanges de carie, mais des races bien connues et des semences désinfectées au préalable. Le Plantahof, par exemple, moins sensible envers la carie Granges que 7 autres variétés, vient en second rang dans les taux d'infection produits par le mélange. Ce blé doit donc être spécialement sensible à l'une des 6 caries, ce qui devrait être déterminé.

### 3. Observations en cours de végétation

L'étude de la valeur culturale et minotière des blés admis à l'Assortiment est en cours. Quelques résultats importants ont été publiés (cf. W a h l e n F. T. et W a g n e r S., 1935, landw. Jahrb.). Du point de vue pathologique, il y aurait encore un vaste champ de travail ouvert. Certaines variétés, par exemple le MC XXII indiqué par G. M a r t i n e t comme résistant à la rouille jaune, lui est actuellement très sensible. Les dommages subis varient non seulement suivant les conditions climatiques, mais aussi de localités, même rapprochées. Tout indique l'existence de races différentes au sein de *Puccinia glumarum*.

Ainsi, le Plaine fut peu attaqué par la rouille jaune à Monthey, alors qu'à Marcelin (Morges), cette variété a subi une infection assez sévère. Dans nos essais, le Nostrano, le MC XXII et le Bisnacht eurent leurs feuilles complètement tuées bien avant maturité. Les variétés Strickhof, MC 245, Alpha et Tronchet se montrent moyennement sensibles, tandis que le Plantahof, le Rothenbrunnen et le MC 268 paraissent doués d'une résistance suffisante. La rouille brune épargne moins le Strickhof, le Plaine et le Bisnacht que les autres variétés. Le 268, enfin, se signale par une curieuse décoloration de ses feuilles lorsque le sol manque de potasse et d'azote.

Les épis du Nostrano sortirent de leur gaine déjà avant fin mai et fleurirent à partir du 6 juin. Les autres variétés furent d'en-

viron une semaine plus tardives, sauf le Plaine et le 268 qui mûrirent avec un retard de 10 à 12 jours.

Le Strickhof et le Rothenbrunnen ont bien hiverné ; le Tronchet, le Nostrano et le Plantahof assez bien. Ont souffert : le Bisnacht, le XXII, 245, 268 et Alpha. Dans les parcelles du Vilmorin, du P. L. M. et du Plaine, de nombreuses plantes périrent vers le milieu de l'hiver alors qu'une couche de glace et d'eau recouvrait le sol. Ce sont donc les 3 sélections les plus résistantes à la carie qui ont le plus pâti du gel. Or, le Plaine est assez renommé pour sa résistance au froid. Des travaux récents (Schlehuber, A. M., 1937, Phyt. Zeitsch., 10) jettent quelque lumière sur ces faits contradictoires : Les variétés résistantes infectées semblaient avoir, durant l'hiver, proportionnellement plus de plantes mortes que les sensibles.

## II. Races de carie en Suisse romande et observations sur la biologie des *TILLETIA*

La spécialisation des *Tilletia*, leur division en unités biologiques ou races douées d'une virulence spécifique et constante, n'est connue que depuis une dizaine d'années. Elle pourrait même être mise en doute vu l'instabilité génétique créée par la sexualité propre à ces champignons. Pour qu'un épi soit carié, pour qu'en d'autres termes, les chlamydospores des *Tilletia* puissent se former, il est nécessaire que les filaments à l'intérieur de l'hôte soient, à un moment donné, diploïdes. Cela exige une conjugaison se faisant d'ordinaire entre basidiospores (sporidies primaires), lors de la germination et avant l'entrée des filaments du parasite dans le coléoptile du blé. Or, sur chaque grain, se trouvent des milliers de chlamydospores, voire des millions, produisant chacune 8 ou 16 basidiospores génétiquement hétérogènes. Les possibilités de variation sont donc des plus grandes.

Elles augmentent encore du fait que les *Tilletia* sont hétérothalliques. Flor a, en effet, prouvé (1932, Journ. Agr. Res., 44) que des plantes de blé inoculées avec des cultures individuelles issues d'une seule basidiospore demeurent saines, si on ne les infecte pas simultanément avec des cultures de sexe compa-

tible. Les cultures monosporidiales se répartissent en plusieurs groupes sexuels. Les membres de chaque groupe ont une action spécifique et, en aucun cas, ne sont capables de produire la carie, ni seuls, ni lorsque inoculés avec d'autres de sexe incompatible. Becker (1936) prouva que cette multipolarité n'existe pas entre les descendants d'une même chlamydospore qui tous se rangèrent, dans un système bipolaire. Les croisements entre lignées issues de chlamydospores différentes indiquèrent, par contre, l'existence de relations sexuelles plus complexes, peut-être d'une tripolarité encore à étudier.

Becker, d'une manière très méritoire, a aussi essayé de déterminer comment se transmettent la virulence et les caractères morphologiques des lignées monosporidiales des *Tilletia*, ce qui permettrait, entre autre, de savoir à quelles conditions peuvent apparaître de nouvelles races. Le caractère de forte virulence semble s'hériter comme un facteur intermédiaire ou récessif. Certains caractères morphologiques des cultures se transmettent à leur descendance, mais une analyse exacte de leurs facteurs génétiques n'a pu être faite. Les 275 lignées monosporidiales étudiées se révélèrent très hétérozygotes. Une seule spore fut homozygote.

Les causes de variabilité au sein des *Tilletia* sont encore rendues plus grandes du fait que les deux espèces *T. levis* et *tritici* ont des lignées monosporidiales appartenant au même groupe sexuel et s'hybridant entre elles. De tels hybrides, non seulement ont été obtenus artificiellement (Flor, loc. cit.), mais existent dans la nature. C'est ainsi qu'en U. S. A. sont apparues des races hybrides entre les deux espèces de carie et très destructives, dont les spores présentaient tous les intermédiaires de réticulation.

Malgré cette amplitude de variabilité, les races connues depuis dix ans sont restées relativement constantes. On peut les assimiler aux variétés de plantes supérieures à fécondation croisée (seigle) « chez lesquelles, dit Becker, par une fécondation continue et forcée entre parents rapprochés, on obtient d'un matériel hétérozygote, des formes de grande unité ».

Des races de carie ont été déterminées avec certitude dans la plupart des pays producteurs de blé. Aux Etats-Unis d'abord, Reed (1924) constata le premier des différences de pathogéni-

té entre populations ; puis Rodenshiser et Stakman (1927, Phyto. 17), prouvèrent l'existence chez *Tilletia tritici* de deux groupes de races et de 3 chez *T. levis*. Les caries qu'ils analysèrent provenaient d'Amérique, d'Égypte et de Nouvelle Zélande. Dès lors, de nombreuses races ont été reconnues non seulement en U. S. A., mais en Allemagne, Angleterre, Autriche, Argentine, Bulgarie, France, Palestine, Tchécoslovaquie, etc. Aux Indes, Mitra (1935) a même déterminé une nouvelle espèce de carie (*Tilletia indica* Mitra) dont les spores très foncées mesurent en moyenne  $37,9 \mu$  dans leur plus grand diamètre. Les races attaquant le seigle (Nieves, 1935), l'*Agropyrum cristatum*, *pauciflorum* et *subsecundum*, etc. (Fischer, 1936), sont les plus virulentes. La station de Pullman (Wash.) a, depuis quelques années, éprouvé la résistance de plus de 2000 variétés ou lignées de blés d'automne et 300 de blés de printemps envers 10 races de *T. tritici* et 12 de *T. levis*. Il semble que nous avons en Europe moins de races qu'en Amérique où les deux espèces sont très fréquentes.

Toutes les variétés de blés cultivées sont sensibles à l'une ou l'autre des races. Même les hybrides entre *Triticum secale* et *vulgare* sont attaqués. Pourtant, Mirza, en Turquie, aurait obtenu (Roemer et alii, 1937) une variété de *Triticum durum* complètement réfractaire. De plus, grâce aux innombrables travaux entrepris dans presque tous les pays, un certain nombre de variétés de *Triticum vulgare* d'automne et de printemps ont été reconnues comme très résistantes et mises ainsi à la disposition des sélectionneurs.

Sans doute, cette multitude de recherches manque d'unité. Il est presque impossible de savoir jusqu'à quel point les races des différents auteurs et pays ne sont pas identiques entre elles, cela d'autant moins que les races des *Tilletia* n'ont pas une constance absolue et qu'elles peuvent augmenter de virulence par passages répétés sur le même hôte résistant. Rodenshiser et Holton (1937) ont essayé de créer quelque unité afin de savoir contre combien de races on doit sélectionner les blés. Sur 24 collections de *T. tritici* et 29 de *T. levis* provenant de U. S. A. et du Canada, ils en considèrent 11 de *T. tritici* et 8 de *T. levis* comme distinctes.

Un certain nombre de « populations » sont reconnaissables à des caractères autres que la virulence, notamment par leurs

effets secondaires sur la plante-hôte et par des particularités morphologiques de leurs spores ou de leurs cultures sur milieu artificiel. Nous avons tâché d'analyser nos populations de carie selon ces différents critères.

## A. Caractères distinctifs des populations

### 1. Degré de virulence

Considérons le tableau 2. Nous voyons immédiatement que l'origine Baulmes diffère de toutes les autres par sa faible pathogénité. Elle produit néanmoins 2 à 3 % d'épis cariés sur le Prélude et le Taillens velu, variétés résistantes, non attaquées en 1936 par les populations Bonvillars et Granges. Bonvillars vient pourtant en tête de toutes les provenances, notamment par sa virulence envers Aurore (69,3 %), tandis que Granges, sur ce même blé, n'arrive qu'à produire 17,4 % d'infection. La provenance Lausanne se caractérise par des pour-cents plutôt faibles, spécialement vis-à-vis des blés Janetzki et Wagenbourg, tout en attaquant assez fortement l'hybride Florence x Aurore. La population Versailles, assez destructive pour le Huron, ne produit qu'une infection de 1,9 % sur Garnet, Mont-la-Ville, au contraire, abaisse d'un tiers le rendement de cette variété ainsi que du Manitoba, mais s'avère très peu virulente envers le Chiddam. La provenance Gimel se comporte de même façon avec la variété Extrakolben (1,1 %), alors qu'elle se montre la plus pathogène pour le Janetzki (20,2 %). La carie Cosel, enfin, semble tenir à sa réputation d'être l'une des races les plus virulentes d'Europe : moins nuisible au Huron que certaines de nos populations indigènes, elle se distingue par sa pathogénité pour le blé Marquis. Vu la résistance de cette variété américaine envers *T. tritici* et sa sensibilité envers *T. levis*, nous nous sommes demandé si la population Cosel ne serait peut-être pas un hybride de ces deux espèces. L'observation au microscope ne nous a révélé aucune spore lisse.

L'examen du tableau 2 nous permet donc de considérer nos populations comme distinctes les unes des autres. Si nous les ordonnons d'après la moyenne totale d'épis cariés produits sur les 14 blés de printemps, nous obtenons la suite que voici :

Bonvillars	14,7 %
Mont-la-Ville	14,3 %
Gimel	13,8 %
<hr/>	
Granges	8,6 %
Lausanne	5,9 %
Baulmes	5,6 %

D'après les essais de 1937, les provenances Sévery et Cosel se rangent entre celles de Mont-la-Ville et Gimel tandis que celle de Versailles équivaut à celle de Granges. Cette dernière, moyennement virulente comparée aux précédentes, a pourtant causé de très graves dommages (jusqu'à 88 %) sur tous nos froments d'automne moins deux (tab. 3).

Nous pouvons donc affirmer qu'il existe en Suisse romande des races de carie très virulentes pour nos blés, même plus pathogènes que la race Cosel. Sont-elles identiques à celles d'autres pays ou bien au contraire vraiment propres à nos régions ? Sur ce point, nos recherches ne donnent que peu d'indications puisque, malheureusement, nous ne disposâmes pas de l'assortiment plus ou moins standard des variétés étrangères résistantes. Considérant les taux assez faibles obtenus sur les blés Marquis, Extrakolben, Florence x Aurore, il est probable que nos races indigènes ne se rangent pas parmi les plus agressives.

Un autre point reste à préciser : Les 9 provenances de carie prises pour essai sont-elles à considérer comme des races ou au contraire comme des mélanges de races ? Avant de nous prononcer, nous voulons encore en examiner les autres caractères distinctifs.

## 2. Modifications de la plante-hôte causées par les populations de carie

Une race de *Tilletia tritici*, selon Young, détermine le nanisme du blé infecté. D'autres races américaines, au contraire, allongent les rachis des épis, font tomber partiellement les barbes des variétés aristées, ou bien se reconnaissent à d'autres traumatismes telle que la stérilité plus ou moins grande des épilets provoquée par le mycélium interne. Toutes ces modifications de la plante-hôte, sauf le nanisme, furent reproduites par nos populations, mais, en aucun cas, d'une manière spécifique. L'influen-

ce de la variété de *Triticum vulgare* semble dépasser nettement les différences pouvant provenir d'actions spécifiques des populations. C'est ainsi que toutes les parcelles de MC 245 infectées étaient de 10 cm. environ plus courtes que les témoins quelque fut l'origine de carie.

Nous avons voulu utiliser des critères plus précis que l'examen visuel et avons mesuré d'abord la longueur des balles de carie (Tabl. 4).

**Tab. 4. Longueur des balles de carie**  
(Moyennes de 200 mesures, en mm.)

Population	Huron		Aurore 1936
	1936	1937	
Bonvillars	4,9 ± 0,26	5,0 ± 0,31	5,2 ± 0,34
Gimel	5,0 ± 0,31	5,0 ± 0,60	4,9 ± 0,22
Mont-la-Ville	5,2 ± 0,44	5,1 ± 0,40	5,0 ± 0,21
Granges	—	5,2 ± 0,52	5,1 ± 0,41
Baulmes	—	5,2 ± 0,33	5,4 ± 0,46
Lausanne	5,2 ± 0,34	5,4 ± 0,48	5,1 ± 0,41
Cosel	5,2 ± 0,34	5,4 ± 0,51	5,5 ± 0,25
Versailles	5,8 ± 0,55	5,1 ± 0,36	—
Sévery	—	5,1 ± 0,34	—

Nous ne constatons dans ce tableau aucune différence valable. Toutes les moyennes se rapprochent de 5,2 mm. Si l'une d'entre elles parut parfois significative (Versailles, 1936), elle fut aussitôt contredite par celle de l'année suivante. Les grains sains de Huron mesuraient  $6,0 \pm 0,41$  mm. Les balles de carie sont donc en moyenne d'environ 12 % plus courtes que les grains de blé.

**Tab. 5. Poids moyen des balles de carie**  
(Moyennes de 100, en mg.)

Population	Huron		Aurore 1936
	1936	1937	
Baulmes	—	1102 ± 56	1357 ± 30
Granges	—	1223 ± 21	1215 ± 45
Gimel	1163 ± 51	1259 ± 42	1266 ± 74
Mont-la-Ville	1211 ± 66	1240 ± 26	1163 ± 14
Bonvillars	1284 ± 64	1207 ± 33	1357 ± 42
Lausanne	1297 ± 42	1349 ± 67	1208 ± 38
Cosel	1397 ± 68	1314 ± 37	—
Versailles	1420 ± 77	1183 ± 27	—
Sévery	—	1268 ± 68	—

Nous avons aussi déterminé le poids moyen de 100 balles entières et normales de carie (fig. 5), sans trouver de différences constantes. Les modifications que causent les 9 populations à leur hôte ne nous permirent donc pas de les distinguer les unes des autres. Nos résultats sur ce point concordent avec ceux de Aamodt, Torrie et Takahashi (1936, *Phyto*, 26).

### 3. Caractères morphologiques des spores

Holton (1935, *Phyto*, 25) et Mitra (1935, *Indian. Journ. Agr. Sci.*, 5) ont prouvé, en mesurant les chlamydospores de plusieurs races, que quelques-unes se différencient par leurs grandeurs. Nous espérons qu'il en serait de même pour nos populations et donnons ci-après (Tab. 6) les moyennes obtenues en mesurant le plus grand diamètre des chlamydospores de nos différentes populations. Toutes ont été récoltées sur la même variété sensible, le Huron, et conservées dans les mêmes conditions.

Tab. 6. Diamètre moyen maxima des chlamydospores sur Huron

(200 mesures, en  $\mu$ )

Population	Diamètre moyen		Taux d'infection	
	1936	1937	1936	1937
Granges	17,6 $\pm$ 1,09	17,9 $\pm$ 1,29	24,5	41,5
Versailles	17,8 $\pm$ 1,37	17,5 $\pm$ 1,39	31,4	24,5
Bonvillars	17,8 $\pm$ 1,02	17,8 $\pm$ 1,25	30,5	20,3
Sévery	18,0 $\pm$ 0,92	17,7 $\pm$ 1,15	—	54,0
Lausanne	18,1 $\pm$ 1,01	17,7 $\pm$ 0,91	15,8	25,0
Cosel	18,6 $\pm$ 1,13	18,5 $\pm$ 1,37	34,0	31,0
Baulmes	18,9 $\pm$ 1,31	18,4 $\pm$ 1,33	6,3	4,5
Gimel	18,9 $\pm$ 1,49	18,5 $\pm$ 1,39	28,4	20,8
Mont-la-Ville	19,1 $\pm$ 1,34	18,6 $\pm$ 1,20	36,9	41,5

Ce tableau ne nous apporte à nouveau aucun critère spécifique. Les erreurs moyennes sont bien supérieures aux petites différences entre populations ; ces dernières même ne restent pas identiques d'une année à l'autre. Les taux d'infection rapportés en regard n'indiquent aucune relation entre la virulence et la grandeur de ces spores.

Holton indique comme moyennes des chlamydospores 17,85, 19,31 et 21,45  $\mu$ . On voit que nos populations se rapprochent du premier type des races américaines. Mitra obtint 18,3  $\mu$  pour une provenance, 22,5  $\mu$  pour le Gilgit strain et 37,9  $\mu$



pour *Tilletia indica*. Cette dernière a donc des chlamydospores doubles des nôtres.

La longueur des promycélium sur milieu nutritif artificiel, prise quelquefois pour critère, nous paraît dépendre beaucoup trop du degré d'humidité. Nous avons préféré analyser les longueurs des sporidies primaires ou basidiospores (Tab. 7). Les balles de carie furent stérilisées à l'alcool, puis écrasées au-dessus d'une couche de gélose à pommes de terre dans une boîte de Petri. Les conditions ambiantes, celle d'humidité surtout, furent maintenues autant que possible identiques. Très minces, les basidiospores se laissent difficilement mesurer ; elles s'arquent plus ou moins et souvent se déforment. Néanmoins, les sporidies de la provenance Lausanne paraissent, au microscope déjà, bien plus courtes que celles des autres.

Tab. 7. Longueur des basidiospores (sporidies primaires)  
(Moyenne de 100, en  $\mu$ )

Population	Extrêmes	Moyenne
Lausanne	61,9 — 85,0	72,2 $\pm$ 3,44
Versailles	63,0 — 84,9	76,4 $\pm$ 4,86
Mont-la-Ville	63,0 — 89,3	79,4 $\pm$ 4,06
Sévery	61,9 — 112,3	81,5 $\pm$ 6,57
Baulmes	63,0 $\pm$ 101,4	83,6 $\pm$ 6,78
Cosel	61,9 $\pm$ 110,3	84,2 $\pm$ 7,16
Gimel	69,2 — 104,0	85,3 $\pm$ 5,51
Granges	70,4 — 106,1	86,5 $\pm$ 6,36

Nous voyons, en effet, dans le Tab. 7, qu'il y a une différence de 14,3  $\mu$  entre les sporidies de la première (Lausanne) et de la dernière provenance (Granges). Nous estimons que ce critère permet de distinguer au moins ces 2 provenances l'une de l'autre.

#### 4. Couleur des différentes populations

Au reçu de l'envoi de Mlle M. Gaudineau, nous remarquâmes avec intérêt que la souche Cosel était bien plus noire que celle de Versailles. Notre attention se porta dès lors sur la couleur des masses de chlamydospores. Nous constatâmes bien vite qu'un certain nombre d'entre elles étaient beaucoup plus foncées que les autres, bien que toutes provinssent de la même variété sensible, ie Huron. Nous les avons groupées dans le tableau 8 en commençant par les populations les plus claires.

Tab. 8. Populations ordonnées selon la couleur  
et l'absorption de lumière de leurs  
chlamydospores

Ordre donné par comparaison		% donnés par néphélomètre
1936	1937	1937
Baulmes	Versailles	61,5
Mont-la-Ville	Mont-la-Ville	62,0
Sévery	Baulmes	63,0
Versailles	Granges	62,0
Gimel	Sévery	64,0
Granges	Gimel	63,0
<hr/>		
Bonvillars	Bonvillars	67,5
Lausanne	Lausanne	68,0
Cosel	Cosel	68,0

Ce tableau met en relief la constance de couleur des trois populations : Bonvillars, Lausanne et Cosel. Leurs masses de spores sont presque noires, tandis que celles de Baulmes et Mont-la-Ville se rapprochent du brun-clair. Le groupe des souches foncées se distingue aussi par des indices plus élevés au néphélomètre (0,1 gr. de spores dans 100 cc. d'eau dist.) et reste constant d'une année à l'autre.

L'ordre des provenances à spores claires varie, au contraire, quelque peu. Les valeurs données par le néphélomètre ne correspondent pas non plus très exactement à l'observation visuelle. Elles peuvent avoir été légèrement modifiées par le mauvais état des suspensions obtenues, car les chlamydospores restent partiellement groupées en paquets difficiles à dissocier.

Quoiqu'il en soit, la couleur des masses de chlamydospores nous permet de distinguer avec certitude au moins deux groupes parmi les 9 populations.

Recherchant la cause exacte des différences constatées, nous avons examiné attentivement les balles de carie en les écrasant sur une surface blanche. Certaines, bien que parfaitement saines et non infectées par *Trichothecium roseum* ou des *Fusarium*, se montraient beaucoup plus claires que d'autres, cela au sein de la même provenance de carie. L'examen au microscope des spores provenant de balles claires et de balles foncées prouve d'abord que les moyennes de leur plus grand diamètre diffèrent (Tab. 9).

**Tab. 9. Diamètre moyen des chlamydospores selon la couleur des balles de carie**

(en  $\mu$ , moyennes de 200)

Population	Balles claires	Balles foncées
Moni-la-Ville	16,4 $\pm$ 0,90	18,7 $\pm$ 1,13
Versailles	16,5 $\pm$ 0,81	18,0 $\pm$ 1,34
Beulmes	16,9 $\pm$ 0,98	18,9 $\pm$ 1,33
Sévery	17,2 $\pm$ 1,07	18,6 $\pm$ 0,91
Granges	17,6 $\pm$ 0,90	17,7 $\pm$ 1,06
Gimel	19,1 $\pm$ 0,88	17,6 $\pm$ 1,10
Bonvillars	19,0 $\pm$ 1,16	17,2 $\pm$ 0,91
Lausanne	19,9 $\pm$ 1,72	17,3 $\pm$ 1,14
Cosel	18,3 $\pm$ 1,04	17,3 $\pm$ 1,14

Cette analyse de la grandeur des spores suivant la couleur des balles de carie nous donne donc de curieux résultats. Nous voyons qu'il existe au moins 6 types de spores : petites et brunes, grandes et noires, grandes et brunes, petites et noires ; la provenance Granges, enfin, se distingue par de moyennes dimensions quelle que soit la couleur. Les autres provenances se rangent en deux groupes ; dans le premier, nous retrouvons les 4 populations à masses de chlamydospores claires, le second renferme les populations à couleur foncée, plus celle de Gimel qui fait ici exception.

Les types de spores se distinguent aussi par leur forme et leurs vacuoles. Dans le groupe : spores brunes et petites, les formes sont régulièrement rondes, les vacuoles, petites et nombreuses. Par contre, dans le groupe opposé : spores petites et noires, la forme tend à devenir ovale et l'on constate plutôt de grosses vacuoles peu nombreuses. Dans ce groupe, la souche Cosel se remarque par une teinte et une échinulation très prononcées.

##### 5. *Nature des populations indigènes de TILLETIA TRITICI*

D'après ce qui précède, nous estimons que nos différentes provenances de carie ne sont pas des races pures, mais des mélanges hétérogènes de plusieurs races, des « populations ». Le tab. 9, précisant les variations de couleur, de forme et de dimensions entre les spores, est très suggestif à cet égard. Il indique que chaque provenance se compose de plusieurs sortes de spo-

res, s'hybridant entre elles et donnant ainsi une descendance contenant tous les types intermédiaires possibles. Cette hybridation entre spores éloignées doit toutefois être moins fréquente que la copulation ordinaire entre sporidies sœurs très rapprochées. C'est probablement pourquoi les populations demeurent relativement constantes dans leur virulence. La carie Granges semble la plus homogène de toutes, ce qui s'expliquerait par les conditions très particulières du Valais Central.

## B. Quelques observations sur la biologie des *TILLETIA* en culture sur milieu artificiel

### 1. *Isolcment et culture de souches haploïdes*

Durant l'hiver de 1934-35, les recherches de Becker (1936) n'étant pas connues, nous avons isolé différentes lignées haploïdes dans les populations Granges, Baulmes et Bonvillars, selon la méthode de Flor (1932). Pour ce faire, on stérilise d'abord une balle de carie saine à l'alcool et à la flamme, puis on l'écrase au-dessus d'une couche de gélose en boîte de Petri. Certaines populations germent très vite après un ou deux jours, d'autres au contraire attendent près de quinze jours, ou même ne germent pas du tout.

Lorsque les sporidies se sont formées et avant qu'elles n'entrent en copulation, on les transporte délicatement dans un peu d'eau stérilisée, puis on étale légèrement la suspension sur une couche de gélose mince et transparente. Après 6 à 10 heures, les sporidies ont, en général, produit un tube germinatif dans lequel une partie de leur protoplasme s'est retirée. Avec une fine baguette de verre, mouillée d'eau stérile, on touche la partie vide de la sporidie de manière à transporter cette dernière sur un milieu nutritif approprié. On doit travailler à un grossissement d'au moins 300 fois et s'assurer au préalable que la sporidie dans le champ visuel n'est pas déjà entrée en copulation. Il arrive parfois que la branche copulatrice se trouve très bas et se brise.

Les difficultés de cette méthode sont nombreuses. On sait que les chlamydospores germent souvent d'une façon capricieuse et mieux en grand nombre que seules. Ayant placé durant l'hiver quelques boîtes de Petri sur le bord extérieur de la fenêtre,

puis les ayant rentrées dans le laboratoire, nous vîmes que les sporidies s'y formaient très vite. Nous avons dès lors utilisé ce choc brutal du froid, dont les effets ont été aussi constatés par Becker. Nous pensons que cette action stimulante des variations brusques de température explique partiellement les fortes infections se produisant lorsqu'on sème le blé entre le 15 octobre et le 15 novembre. A cette époque, les nuits sont ordinairement fraîches et les journées chaudes. Il en est de même vers la fin de mars. Le changement journalier de température doit activer la germination des chlamydospores et la faire coïncider avec celle du blé. Lors de semailles précoces, la température se maintient constamment plus élevée, le blé se développe rapidement et échappe à l'infection. Lors de semailles en période froide, les spores tardent à germer et trouvent probablement des coléoptiles déjà trop durcis.

Les isolements sont surtout rendus difficiles par la très grande fragilité des sporidies qui périssent au moindre attouchement. D'après la méthode Flor, on ne réussit guère que 2 à 3 % d'isolements ; Becker, à l'aide du micromanipulateur de Hanna, arrive à des résultats bien meilleurs.

Quelques difficultés provinrent aussi de la population Baulmes dont les balles furent deux ans de suite régulièrement infectées par une même bactérie. On peut se demander si cette infection n'est pas la cause du faible pouvoir pathogène de la provenance Baulmes.

Lorsque les colonies devinrent légèrement visibles, elles furent repiquées sur gélose aux pommes de terre. Ce dernier milieu additionné de 2 % de glucose, donna toujours la meilleure croissance. Les autres milieux proposés par Sartoris (1924), par Kienholz et Hald (1930) ne conviennent pas si bien.

Des quelques isolements obtenus, la souche Granges se distingue par sa fécondité en conidies secondaires qui bientôt recouvrent toute la gélose inclinée au-dessous du morceau de mycélium utilisé lors des repiquages. Cette souche prend aussi le plus rapidement une teinte grisâtre. Deux isolements de la population Baulmes se maintiennent depuis 3 ans semblables entre eux. Ils sont blanchâtres, peu féconds en conidies secondaires et moins vigoureux que les autres. Le Bureau de Baarn nous a obligeamment envoyé pour comparaison une souche de *Tilletia*

*tritici* et une de *T. levis* isolées par Flor. La première se rapproche, par son aspect, de la souche Granges, tandis que *Tilletia levis* fait preuve d'une croissance bien plus lente que tous les isollements de *T. tritici*. Kienholz et Heald indiquent juste le contraire. *T. levis*, du moins la culture à disposition, diffère passablement de *T. tritici* (voir fig. 2).

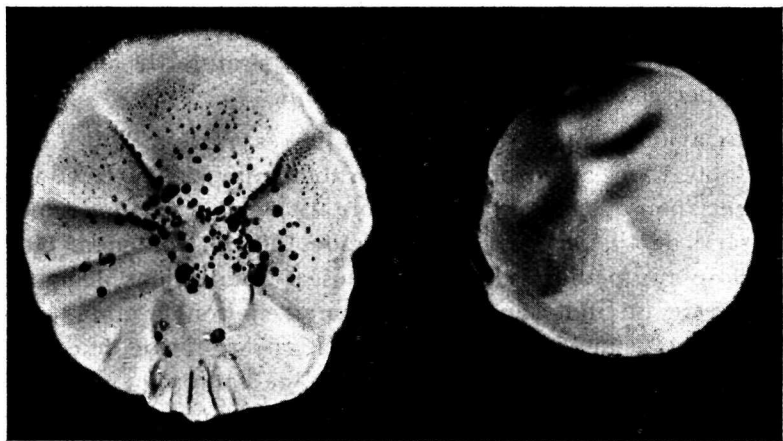


Fig. 2. Aspect de *TILLETIA TRITICI* (à gauche, souche Granges)  
• et de *TILLETIA LEVIS* (à droite, souche FLOR), gr. 1,3 x.

Cultures sur gélose aux pommes de terre maintenues  
pendant 2 mois à 18° C.

Afin de savoir si nos souches haploïdes sont vraiment hétérothalliques, nous avons inoculé, selon la méthode de Flor, en 1936, du blé Prélude et en 1937 du Huron. A l'aide d'une aiguille, on introduit pour cela aseptiquement de petits bouts de mycélium dans de jeunes coléoptiles longs de 0,5-0,8 cm. En infectant une partie des germes uniquement avec une souche, on contrôle si l'isolement est haploïde (dans ce cas, il n'y a pas formation d'épis cariés). En inoculant deux à deux des cultures haploïdes, on doit obtenir une infection positive si les souches sont de sexes compatibles.

Depuis deux ans, nous n'avons pas eu d'infection positive, ce qui provient probablement du fait que, faute d'installation frigorifique, nous n'avons pas pu maintenir la température suffisamment basse pendant la période d'incubation.

## 2. Influence de la température sur le développement des cultures de *TILLETIA*

Profitant de la grande amabilité de M. le professeur E. G ä u m a n n et des installations précises dont il a doté son Institut de Zurich, nous avons essayé de déterminer une fois systématiquement les exigences thermiques des *Tilletia*. Les données de la littérature ne sont, en effet, pas toujours concordantes ni exactes. Plusieurs auteurs estiment que *Tilletia tritici* ne croît pas en dessous de 5° C. cependant que, à cette température, le blé peut se développer et échapper ainsi à l'infection.

Nous avons à notre disposition 13 étuves, réglées de 3 à 3° C., de 0 à 36° C., et ayant une variation maximum de  $\pm 0,5^{\circ}$  C. Dans chacune, nous plaçâmes le 8 octobre 1936, pour chaque souche, une série de 10 flacons Erlenmeyer de 150 cc., contenant 50 cc. de gélose aux pommes de terre glucosée. Nous avons disposé en leur centre un morceau de mycélium d'environ 4 mm<sup>2</sup>, provenant de très jeunes cultures n'ayant pas encore formé de conidies secondaires. Celles-ci risquent, en effet, de compromettre de tels essais, car elles se répandent dans l'eau de condensation et forment partout des colonies. C'est pourquoi nous avons aussi ajouté 2 % d'agar-agar et laissé évaporer l'eau de condensation au préalable.

Après deux mois, les cultures furent mesurées par transparence. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau 10.

Tab. 10. Influence de la température sur la croissance de deux souches haploïdes de *TILLETIA*

(en mm.)

° C.	TILLETIA TRITICI (Granges)		TILLETIA LEVIS (Flor)	
	Diamètre	Epaisseur	Diamètre	Epaisseur
0	2,4 $\pm$ 1,18	env. 1 mm.	0	0
3	6,8 $\pm$ 0,99	3,3 $\pm$ 0,51	1,8 $\pm$ 2,04	env. 1 mm.
6	11,7 $\pm$ 1,56	3,9 $\pm$ 0,39	4,9 $\pm$ 1,58	2,5 $\pm$ 0,45
9	19,5 $\pm$ 1,35	3,7 $\pm$ 0,42	9,4 $\pm$ 1,20	4,2 $\pm$ 0,58
12	27,4 $\pm$ 3,09	3,9 $\pm$ 0,74	12,8 $\pm$ 2,32	4,6 $\pm$ 0,52
15	31,6 $\pm$ 2,20	4,0 $\pm$ 0,57	20,7 $\pm$ 2,66	5,6 $\pm$ 0,44
18	<b>38,6</b> $\pm$ 3,35	3,4 $\pm$ 0,69	<b>25,4</b> $\pm$ 2,84	5,0 $\pm$ 0,61
21	<b>39,1</b> $\pm$ 4,74	3,2 $\pm$ 0,24	<b>25,1</b> $\pm$ 3,59	5,4 $\pm$ 0,56
24	28,0 $\pm$ 7,75	3,1 $\pm$ 0,46	16,0 $\pm$ 2,0	5,5 $\pm$ 0,67
27	0	0	0	0

Ces essais permirent d'abord de comparer exactement la croissance des deux souches (voir fig. 2) aux mêmes conditions et dans 10 flacons égaux. *Tilletia tritici* de Granges forme une nappe blanchâtre assez peu élevée, plissée au centre et couronnée de nombreuses gouttelettes. Ces dernières apparaissent dans toutes les étuves depuis 12 à 24° C. *Tilletia levis* de Flor donne naissance à un mycélium grisâtre, cupuliforme, sans plis ni gouttelettes. Son épaisseur (cf. tab. 11) est nettement supérieure à celle de la souche Granges, tandis que le diamètre transversal reste partout inférieur. Le maximum d'épaisseur ne concorde pas avec celui de la croissance en largeur.

En deux mois, aux températures optimales, la souche *Tritici* Granges s'était étendue sur à peine 4 cm. et la souche *levis* Flor sur 2,5 cm. Toutes deux ont leur optimum entre 18 et 21° C, celui de *T. tritici* se rapproche de 21°, celui de *T. levis* tend au contraire vers 18°.

De 27° à 36°, les hyphes des deux espèces commencèrent d'abord par croître légèrement, puis se plasmolysèrent et disparurent. Ce même phénomène a été constaté par Sartoris (1924) à partir de 25°.

A zéro degré, *Tilletia levis* fut incapable de croître, bien que nous ayons laissé les flacons près d'une année à cette température. *T. tritici* avait, au contraire, produit de petites colonies dès le deuxième mois.

D'après ces résultats, qui demanderaient à être contrôlés pour plusieurs autres souches, *Tilletia levis* semble avoir un champ d'action restreint par ses exigences thermiques. Ne se développant pas à zéro degré, très peu même à 6°, elle a beaucoup moins de chances que *Tilletia tritici* dans la lutte pour la vie imposée par les conditions climatiques des pays tempérés. Nous croyons que c'est là une des raisons pourquoi *T. levis*, malgré son optimum moins élevé, se rencontre surtout dans les contrées chaudes ou dans les pays continentaux semant presque exclusivement des blés de printemps.

*Tilletia tritici* croît encore assez bien même à 3° C, mais l'allongement des hyphes et la formation des sporidies secondaires y est fort ralentie. On sait d'expérience que les températures basses, lors de semailles tardives, diminuent beaucoup l'infection.



Toutefois, l'explication souvent avancée selon laquelle le grain de blé germe en dessous de 5° C. et non pas la carie, paraît beaucoup trop simpliste. Il est certain que d'autres facteurs interviennent, notamment une plus grande résistance de la plante-hôte. G ä u m a n n (1932, Zeitsch. f. Bot. 25), par exemple, a prouvé qu'entre 3° et 6°, les germes de blé ont leurs parois cellulaires plus riches en lignine et en cellulose, sont donc plus résistants que ceux grandis à des températures supérieures.

B o n n e rappelle que, dans tous les cas où le traitement (eau chaude, air chaud) ralentit la levée des semis, on remarque un net abaissement du taux d'infection. Là encore, nous ne croyons pas que le décalage entre la germination du blé et de la carie explique à lui seul cette diminution du nombre d'épis cariés. Il nous paraît plus probable que les germes à croissance ralentie sont aussi plus résistants, par leur structure physique ou chimique, à la pénétration des hyphes de *Tilletia*.

### III. Efficacité des traitements actuels contre la carie

Pour les motifs exposés dans l'introduction, nous ne nous sommes pas proposé d'expérimenter des produits nouveaux contre la carie, mais de déterminer pourquoi ceux employés actuellement ne sont pas toujours efficaces. W i n k e l m a n n (1935, Pflzbau, 4) suppose que la recrudescence de carie observée dans plusieurs pays depuis la guerre provient de l'accoutumance des *Tilletia* aux produits cupriques et mercuriques. Par suite de la répétition des traitements, l'homme aurait en quelque sorte sélectionné des races de carie moins sensibles aux dits produits. Nous avons constaté maintes fois l'échec partiel des désinfectants même appliqués par des personnes soigneuses, échec que n'expliquent pas suffisamment des causes secondaires comme une réinfection des semences après immersion, une plus grande sensibilité du blé due au traitement à l'eau chaude, l'infection du sol, etc. A la longue, nous avons conçu quelque inquiétude sur la valeur même des traitements recommandés et avons décidé de réexpérimenter leurs effets.

## A. Traitements par immersion

### 1. Technique des essais

Elle fut semblable à celle suivie pour déterminer la résistance des divers blés et se résume ainsi :

Blés utilisés : les plus cultivés en Suisse romande.

Désinfection des semences à l'eau chaude.

Séchage à l'air dans un local non contaminé.

Infection à 0,8 % de chlamydospores de la carie Granges.

Désinfection.

Semis en parcelles de 2 m<sup>2</sup>, 5 répétitions.

Date des semis : blés d'automne, le 2 novembre 1936.

blés de printemps, le 5 avril 1937.

### 2. Résultats

Les décomptes furent faits sur l'ensemble des épis de chaque parcelle en pour-cents.

**Tab. 11. Efficacité des traitements par immersion**  
(% d'épis cariés)

Sorte de traitement	MC XXII %	MC 245 %	MC 268 %
<b>Solution de CuSO<sub>4</sub> à 1 %</b>			
Immersion de 10 minutes	5.2	0.3	3.0
» » 15 »	9.0	0.0	1.0
» » 20 »	9.0	5.0	0.7
» » 25 »	8.0	0.3	0.6
» » 30 »	8.0	2.0	4.0
<b>Solution de CuSO<sub>4</sub> à 0,5 %</b>			
Immersion de 60 minutes	6.0	4.0	2.7
<b>Solution de formol à 1 pour mille</b>			
Immersion de 20 minutes	0.0	0.0	0.0
<b>Témoins non traités</b>	68.8 ± 4.89	68.5 ± 6.38	60.2 ± 4.48

Une première leçon se dégage du tab. 11 : *les solutions de sulfate de cuivre telles que nous les employons actuellement ne jouissent pas d'une efficacité absolue.* Avec des variétés sensibles, on peut craindre jusqu'à 10 % d'infection. Une proportion aussi élevée d'épis cariés dans un champ nous force de le refuser lors de la visite des cultures.

Les agriculteurs souvent ne contrôlent pas exactement la durée du bain. Nous avons donc échelonné nos immersions de 5 en 5 minutes afin de voir si la non-observation stricte du temps recommandé explique les mauvais résultats mentionnés. A notre étonnement, le trempage de 10 minutes fut aussi bon que celui de trente sauf dans d'autres essais. Une immersion si courte ne saurait, toutefois, être recommandable, bien qu'elle prouve la toxicité du cuivre pour les spores de carie. En si peu de temps, la solution ne peut pas pénétrer suffisamment dans le sillon de tous les grains, ni dans la touffe de poils apicaux très difficiles à mouiller.

Ce résultat nous indique, toutefois, qu'on a plutôt avantage à préparer une solution concentrée (1 %) et à limiter la durée de l'immersion (20-30 minutes).

Une autre conclusion est à tirer du tab. 12. C'est que la *formaline possède une action fongicide très énergique, supérieure à celle du sulfate de cuivre*. Dans les parcelles traitées au formol, aucun épi carié ne fut découvert. Si l'on feuillette les nombreuses publications sur la carie, on voit que partout le formol donna les meilleurs résultats (cf. Arnaud et Gaudineau, 1932, pour la France, Mme Bryzgalo va, 1935, pour la Sibérie de l'est, Dellazopa, 1935 pour l'Uruguay, Melchers, 1927, pour le Kansas, etc.)

## B. Traitements par poudrage

Depuis quelques années, une forte réclame est faite en Suisse romande dans le but d'amener les agriculteurs à abandonner les anciens traitements au profit du poudrage à sec des semences.

Les effets les plus contradictoires ont été obtenus avec les différents produits mis en vente. Quelle valeur possèdent-ils réellement ? (Tab. 12)

Tab. 12. Efficacité des traitements par poudrage

Produits utilisés		Blé « Plaine » ‰ d'épis cariés
Poudre A	100g/qm	30.7 ± 1.63
Ethylmercuriphosphate	200g/qm	1.2 ± 0.74
Carbonate de cuivre	400g/qm	15.6 ± 5.25
Poudre R	200g/qm	24.0 ± 5.85
Témoins non traités		29.8 ± 4.94

La poudre A, employée à une concentration trop faible, semble plutôt avoir favorisé l'infection. Ceci nous laisse entrevoir le danger que l'on court lorsqu'on ne possède pas une poudreuse ad hoc. Quelques agriculteurs emploient de vieux tonneaux, mal fermés, mal équilibrés et rugueux à l'intérieur. Or, la quantité de poudre prescrite est minime : 200 gr. par quintal métrique. Une grande partie adhère aux aspérités du bois ou reste au fond du tonneau après traitement. Certains échecs ne doivent donc pas nous étonner surtout lorsqu'on se sert pour la première fois d'une de ces poudreuses de fortune.

Les poudres récemment obtenues à base de sels mercuriels organiques sont les plus efficaces. Selon Petit (1935), le chlorure cuivreux possède une valeur équivalente. Le carbonate de cuivre et la poudre R sont loin de donner satisfaction. Petit (1935), Mme Bryzgalova (1935), Melchers (1927), prouvèrent aussi que le carbonate de cuivre ne jouit que d'une efficacité médiocre. Ils ne conseillent son emploi que pour des semences peu contaminées.

### C. Influence des traitements sur la germination

On reproche au sulfate de cuivre et à la formaline de diminuer la faculté germinative des semences tandis que le carbonate de cuivre aurait une action stimulante. Nous avons voulu nous rendre compte de la réalité de ces assertions souvent utilisées dans un but de réclame. (Tab. 13)

Tab. 13. Effets de quelques traitements sur la germination des semences de Huron

Traitement	Echantillons germant très bien		Echantillons de germination médiocre	
	5 <sup>me</sup> jour	10 <sup>me</sup> jour	5 <sup>me</sup> jour	10 <sup>me</sup> jour
Témoins	98.5 ± 2.0	100 ± 0.0	80.7 ± 11.4	85.9 ± 12.4
CuSO <sub>4</sub> à 1 %, 20 minutes	<b>75.0 ± 7.9</b>	<b>90.2 ± 7.8</b>	<b>45.7 ± 13.4</b>	<b>70.9 ± 14.9</b>
Formaline à 1 pour mille, 20 minutes	98.4 ± 1.7	98.6 ± 1.8	79.7 ± 10.8	85.1 ± 13.4
CuCO <sub>3</sub> 400 g/qm	96.2 ± 2.1	98.0 ± 1.4	75.4 ± 10.4	81.0 ± 11.5
Témoins traités eau chaude	97.3 ± 1.4	98.3 ± 0.8		
CuSO <sub>4</sub> . 1 %, 10' eau chaude	80.7 ± 2.6	94.7 ± 0.3		
Formol, 1 pour mille 10' eau chaude	<b>99.7 ± 0.8</b>	<b>100 ± 0.0</b>		

Le sulfate de cuivre à 1 % cause donc une assez forte réduction de la faculté germinative, surtout lorsque les semences ont souffert au préalable. Certains lots faibles, après traitement, ne germent même plus qu'à 18 % en 5 jours. L'action inhibitrice du  $\text{CuSO}_4$  s'exerce surtout sur les radicules qui restent atrophiées. Neuweiler (1928, landw. Jahrb.) a prouvé que cette action nocive croît avec la concentration, la quantité de liquide employée et la durée d'immersion. Un rinçage des semences après traitement et leur séchage avant mise en terre restreignent les dommages. On ne doit en aucun cas semer des grains encore humides. Le Wagenbourg, du moins celui dont nous disposons, se montre spécialement sensible au sulfate de cuivre. L'immersion dans une solution à 1 % de  $\text{CuSO}_4$  en diminue la faculté germinative de  $94.7 \pm 0.45$  à  $27.3 \pm 5.36$  (5 jours).

La formaline à 1 pour mille (250 cc par 100 l.) et pour 20 minutes, n'a pas eu de mauvaise influence sur la germination. Certains lots, infectés de *Penicillium* donnèrent même de meilleurs résultats après désinfection. Ayant essayé de combiner un traitement efficace à la fois contre le charbon et la carie, nous remarquâmes que les semences préalablement mises à tremper et plongées 10 minutes dans une solution de formaline à 1 pour mille et 52-54° C. germaient beaucoup mieux et plus rapidement (tab. 13).

Toutefois, la formaline peut, comme le sulfate de cuivre, nuire aux semences fendues par la batteuse. De plus, par temps froid, sa nocuité augmente (cf. Neuweiler, 1928) et, lors de semis tardif, beaucoup de jeunes plantes affaiblies périssent durant l'hiver.

Le carbonate de cuivre n'a pas exercé d'action stimulante. Au contraire, il diminue même légèrement la faculté germinative. Cette diminution, dans le cas présent, reste insignifiante, ce qui n'exclut pas qu'elle ne soit plus élevée dans d'autres conditions (humidité stagnante). Les poudres mercuriques n'activèrent pas non plus la végétation. En excès, elles produisent même un léger retard à la levée. Leur action stimulante n'apparaît qu'à de très faibles concentrations, comme celle qu'on obtient d'ailleurs avec de fortes dilutions de sulfate de cuivre.

#### D. Comment désinfecter les semences ?

Remarquons d'abord que l'agriculteur en traitant ses semences par immersion soit au sulfate de cuivre (1 % durant 25-30 mi-

nutes), soit à la formaline (250 cc. pour 100 l. et 20 minutes) combat la carie d'une manière suffisante. Les gros déboires qui se produisent de temps en temps (infections massives ou destruction de la faculté germinative) ne sont imputables qu'à des négligences ou erreurs graves de l'opérateur, non aux traitements. Toutefois, l'un et l'autre procédé possèdent des inconvénients et des sources d'irrégularité.

Le sulfate de cuivre empêche trop la formation des radicules et, dans la plupart des cas, diminue le rendement lorsque employé seul (Neuweiler, 1928). Ce défaut peut être corrigé en saupoudrant les grains avec de la chaux après traitement. D'après Neuweiler, la bouillie bordelaise à 2 % ne réduit pas suffisamment l'infection, surtout si la réaction est un peu acide. De meilleurs résultats furent obtenus par Arnaud et Gaudineau (1932) avec de la bouillie caséinée (1 heure) et lavage préalable des semences à l'eau. On doit aussi savoir que le trempage répété des semences dans une même solution diminue la teneur cuivre, surtout lorsque le bain contient moins de 1 % de  $\text{CuSO}_4$  (cf. Neuweiler, 1928).

Enfin, le sulfate de cuivre ne présente pas une efficacité absolue. On peut certes garantir à l'agriculteur qu'avec le traitement prescrit, il ne subira pas de dommage de par la carie, mais on ne saurait garantir au sélectionneur que tous ses champs seront admissibles à la visite des cultures.

La formaline que recommandait déjà G. Martinet (1906) agit plus énergiquement que le sulfate de cuivre. Elle est d'un emploi facile, rapide et bon marché. Elle aussi possède ses aléas. D'abord, la concentration en formaldéhyde des solutions vendues ou conservées varie beaucoup trop, de 13,5 à 37,2 % au lieu de 40 %, selon Neuweiler (1928). Les succès obtenus avec ce produit n'ont souvent pas d'autres causes qu'une concentration insuffisante. Celui qui s'en sert devrait donc toujours exiger la teneur de 40 %. Lorsque les semailles sont retardées en automne, on recourra de préférence à un autre désinfectant. Enfin, on ne doit jamais laisser les semences en sac ou en tas après les avoir sorties du bain. Il faut les étendre en couche mince dans un local non contaminé. Les sacs et autres récipients ayant contenu des grains cariés ainsi que le plancher du local du dépôt seront lavés à la formaline. On prendra toute autre précaution utile afin d'éviter des contaminations subséquentes.

Quant aux poudres actuellement sur le marché suisse, seuls les sels organiques de mercure semblent avoir une action égale à celle du sulfate de cuivre. Les autres sont à déconseiller, du moins celles essayées.

Les poudres offrent certes de grands avantages : gain de temps et commodité d'emploi, car on sème tout de suite après traitement ; économie de semences, car la faculté germinative n'est en général pas affaiblie ; possibilité de traiter longtemps à l'avance ce qui permet l'exécution des traitements par les centrales de triage ou autres organisations agricoles ; meilleure protection de la graine contre des infections secondaires, etc.

Les inconvénients des poudres ne sont guère moindres que leurs avantages. Si leur prix élevé peut être contrebalancé par les économies réalisables, il ne faut pas oublier que ce sont des poisons violents. Les agriculteurs les emploient parfois avec une témérité qui touche à l'inconscience. Le port d'un masque est nécessaire aussi bien pour l'utilisation *prolongée* des produits mercuriques que pour celle du carbonate de cuivre. En soulevant le couvercle des poudreuses ou des semoirs en action, on ne doit pas avancer tout de suite la tête sur l'appareil, mais attendre que la poudre se soit déposée. De plus, l'efficacité des poudres dépend beaucoup des conditions de climat et de sol. Tantôt, on constate que leur action s'extériorise le mieux dans des sols secs. (Westermeyer, 1927, Volk, 1927, etc.), tantôt, au contraire, les périodes ou régions sèches se montrent les plus défavorables pour ces traitements. C'est ainsi qu'en 1932, en Allemagne, beaucoup de blés traités aux poudres mercuriques furent refusés. L'année dernière, nous avons nous-même dû refuser des champs traités avec ces nouveaux désinfectants et contenant plus de 3 épis cariés au m<sup>2</sup>, tout comme nous avons d'ailleurs constaté des déficiences semblables avec le sulfate de cuivre.

Quoiqu'il en soit, les poudrages paraissent les traitements de l'avenir si le prix et la nocuité des produits diminuent. Vu nos conditions très différentes, ils ne peuvent être encore recommandés d'une manière générale, mais chaque organisation agricole ou grande exploitation pourrait en faire l'essai.

### Résumé

Nous nous sommes proposé de rechercher si la recrudescence de carie constatée en Suisse romande provient soit de la trop

grande sensibilité de nos blés, soit de races de *Tilletia* spécialement virulentes, soit enfin de l'inefficacité partielle des traitements. Comme but secondaire, nous voulions pénétrer plus avant dans la connaissance du champignon parasite.

Seule, *Tilletia tritici* a été trouvée parmi les nombreuses collections de spores examinées. Les principales variétés de blés d'automne et de printemps cultivées en Suisse ont été infectées et reconnues toutes très sensibles à la carie, sauf l'Alpha et le Plaine. Ces deux derniers sont même plus attaqués que les variétés françaises P. L. M. et Vilmorin 23 douées d'une résistance médiocre.

*Tilletia tritici*, même dans notre petit pays, se subdivise en « populations » différant par leur pouvoir pathogène, leur spécialisation, leur couleur, la longueur de leurs basidiospores, mais non par les modifications qu'elles occasionnent sur l'hôte, ni par les dimensions de leurs chlamydospores ; ces populations sont des mélanges très hétérogènes, formés d'individus s'hybridant en règle générale avant de pénétrer dans leur hôte. Ces individus pourraient être rangés sous plusieurs groupes distincts par leur virulence, la couleur et la forme de leurs spores, groupes équivalents aux races des végétaux supérieurs à fécondation croisée. De tels groupes demeurent relativement constants, parce que les copulations se produisent surtout entre sporidies très rapprochées de la même chlamydospore et que, d'autre part, leur multiplication répétée sur le même hôte et dans les conditions propres à une région, opère une sélection continue ne laissant subsister que certains individus semblables.

Les infections avec un mélange de populations donnent des résultats inférieurs à ceux obtenus par chaque provenance isolément. On peut supposer que le caractère de forte virulence est récessif chez les *Tilletia*, ce que Becker croit aussi en se basant sur ses inoculations de souches hétérothalliques.

Nos isolements haploïdes se distinguent les uns des autres par certains caractères culturels assez constants, mais non spécifiques pour une population. Les chlamydospores germent beaucoup mieux si on fait varier brusquement la température. Il nous semble que cette action stimulante d'un choc thermique explique aussi partiellement pourquoi les semis un peu tardifs à l'automne ou un peu précoces au printemps sont les plus atteints. En



recherchant comment l'époque des semailles influe sur le taux d'infection, on ne doit pas oublier non plus que la température agit sur la résistance de l'hôte et non pas uniquement sur la germination. Entre 3 et 6°, selon G ä u m a n n, les germes ont, en effet, des parois cellulaires beaucoup plus riches en lignine et cellulose qu'à 18-20° C. *Tilletia tritici* se développe même à 0°, ce dont *Tilletia levis* est incapable, du moins la souche à disposition. Cette dernière espèce, malgré un optimum relativement bas, semble avoir, à cause de ses exigences thermiques, des possibilités d'extension moins grandes que *Tilletia tritici*.

Les traitements par immersion recommandés sont suffisants. Toutefois, ils ne permettent pas, sauf peut-être la formaline, de garantir l'absence totale d'épi carié dans la future moisson. Ce point faible est surtout ennuyeux pour les sélectionneurs.

L'action des poudres dépend trop des conditions de climat ou de sol. Seuls les derniers produits obtenus à base de sels de mercure organiques, très toxiques pour l'homme, ont un effet égal à celui du sulfate de cuivre. Les autres poudres essayées sont à déconseiller. La généralisation des poudrages ne doit pas être précipitée. R ö m e r, F u c h s et Y s e n b e c k pensent que si la carie sévit actuellement plus fort en Allemagne qu'il y a 25-30 ans, cela provient peut-être de ce que l'on a abandonné les traitements à immersion pour les poudrages.

Sans contestation possible et si simple que paraisse la lutte contre la carie, on peut affirmer qu'aucun traitement n'est encore idéal. Tous entraînent des pertes de temps, d'argent, de semences, de récoltes. *Pourtant ces traitements sont indispensables vu la sensibilité de nos blés et l'existence de populations de carie très virulentes.*

Les inconvénients de la désinfection des semences disparaissent lorsqu'on cultive des variétés résistantes. Peut-être ne se rend-on pas exactement compte de ce que nous coûte la carie ? Les dépenses annuelles occasionnées uniquement par les frais de traitement suffiraient à entretenir une belle station de recherches. D'autres pertes indirectes viennent encore s'ajouter au coût des traitements ; par exemple, en 1936, un seul petit groupe de sélectionneurs s'est vu privé de 5000 à 6000 francs de primes, parce que leurs champs étaient trop infectés. Sans doute, les dommages, chez nous, ne sont pas comparables à ceux subis aux U. S. A. où, malgré le poudrage au carbonate de cuivre, la carie détruit, bon

an mal an, 5 millions de tonnes de blé, soit, selon Roemer et alii, plus que toute la récolte allemande. Ces auteurs estiment qu'en Allemagne les dégâts de la carie, malgré l'application systématique des traitements, sont en moyenne aussi considérables que ceux des rouilles, seulement on s'en aperçoit moins.

Améliorer la résistance de nos blés, voilà donc une tâche fort attrayante par son utilité. Malgré toutes les difficultés qui s'y opposent, la création de variétés presque immunes est non seulement possible, mais déjà en voie de réalisation. Sans vouloir rappeler les gigantesques travaux d'autres pays, il nous plaît de relever un exemple tout proche. A Dijon, Crépin, Bustaret et Chevalier ont obtenu, par croisement de blés français avec Martin et Hussar, plusieurs types aussi résistants à la carie que le géniteur résistant et, en même temps, assez précoces, assez productifs, peu sensibles à la verse, au froid et aux rouilles.

Par sélection de types moins attaqués au sein de nos blés, nous avons peu de chances d'aboutir à un résultat, sauf peut-être avec le Plaine et le Taillens velu. L'hybridation avec des variétés étrangères presque immunes nous permet au contraire beaucoup d'espérer. Grâce aux belles recherches faites en d'autres pays, nous avons à notre disposition un assortiment déjà riche en variétés résistantes. Nous savons que la résistance à la carie est liée à des facteurs héréditaires propres à certaines variétés et qu'elle se transmet selon les lois de Mendel, assez simplement. Cinq de ces facteurs sont connus ainsi que leur mode de transmission. Comme géniteurs, semblent surtout convenir pour nos conditions *Ridit*, *Hussar*, *Turkey*, *Martin*, *Hosar*, *Hohenheimer* et, comme blé de printemps, *Hope*. La plupart sont des blés de force, doués d'autres qualités telle que la résistance aux rouilles, mais non acclimatés chez nous.

La création de variétés résistantes constitue certainement le remède idéal à de nombreuses maladies. Elle nécessite le recensement dans tous pays des races du parasite ainsi que de la détermination de toutes les variétés résistantes de la plante-hôte. Une telle œuvre exige la collaboration de toutes les nations. Les présentes recherches sont une première et bien modeste contribution pour la Suisse romande.

BIBLIOGRAPHIE

Les publications utilisées étant beaucoup trop nombreuses pour être citées dans ce bulletin, nous avons au cours de l'exposé, donné pour chaque auteur l'indication abrégée du périodique. Une énumération plus complète peut être consultée dans les ouvrages suivants :

Crépin, Ch., Bustaret, J., et Chevalier, R., 1937. Le problème de la création de blés résistants à la carie. (Ann. Epiphyt. et de Phytogén. 3, fasc. 3, 323-439, citent 163 auteurs).

Römer, Th., Fuchs, W. H., Ysenbeck, K., 1938. Die Züchtung resistenter Rassen der Kulturpflanzen. (P. Parey, Berlin, 318-347, citent 111 publications).

Wehnelt, B., 1937. Mathieu Tillet — *Tilletia*. (Nachr. ü Schädlingbek., 12, 44-146, 184 références).

Woolman, H. M. et Humphrey, H. B., 1924. Summary of literature on bunt. (U. S. Dep. agr. bull. 1210, 44 p., contient déjà plus de 400 titres).

---